

**Фазовый состав и характеристики керамики твердых растворов  
тройной системы  $(1-x)\text{BiFeO}_3\text{-}0.5\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3\text{-}x\text{PbTiO}_3$   
( $0.1 \leq x \leq 0.2$ ,  $\Delta x = 0.025$ )**

Н.А. Болдырев, Е.И. Ситало, Л.А. Резниченко

*Южный федеральный университет, Научно-исследовательский институт физики, 344090  
Ростов-на-Дону, Россия  
e-mail: nboldyrev@sfedu.ru*

Мультиферроики (материалы с сосуществующими электрическими, магнитными или упругими упорядочениями) в настоящее время являются одними из наиболее интенсивно изучаемых объектов в материаловедении благодаря широкому спектру их возможных применений [1,2]. Феррит висмута ( $\text{BiFeO}_3$ , BF) и феррониобат свинца ( $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ , PFN), являются представителями этого класса материалов и в настоящее время рассматривается в качестве основы для многих магнитоэлектрических структур. Однако их широкое использование ограничено рядом факторами. Для феррита висмута это сложность получения BF в однофазном состоянии и чрезвычайно высокое коэрцитивное поле ( $E_c$ ), необходимое для переориентации сегнетоэлектрических доменов. Кроме того, как PFN, так и BF характеризуются повышенной электропроводностью, обусловленной наличием в их структуре ионов переменной валентности ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ) и кислородных вакансий. Тем не менее создание твердых растворов (ТР) на основе BF и PFN позволяет стабилизировать структуру и улучшить свойства данных мультиферроиков. Так, например, в ТР на основе тройной системы  $(1-x)\text{BiFeO}_3\text{-}0.5\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3\text{-}x\text{PbTiO}_3$  получилось снизить проводимость и добиться относительно высокого пьезоэлектрического отклика [3]. Данная работа представляет собой продолжение наших исследований этой тройной системы [4] и посвящена установлению закономерностей формирования микроструктуры и диэлектрических откликов керамик из области фазовой диаграммы с высоким содержанием PFN.

Методом твердофазных реакций с последующим спеканием по обычной керамической технологии получены образцы керамики ТР тройной системы  $(0.5-x)\text{BiFeO}_3\text{-}0.5\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3\text{-}x\text{PbTiO}_3$  ( $0.1 \leq x \leq 0.2$ ,  $\Delta x = 0.025$ ). При помощи рентгенографических исследований установлено, что при  $0.10 \leq x \leq 0.15$  объекты имеют кубическую (К) кристаллическую структуру, содержащую кластеры с тетрагональной (Т) симметрией, а при  $x = 0.175$ ,  $0.20$  формируется морфотропная область с сосуществующими Т и К фазами. Исследование диэлектрических характеристик выявило поведение, характерное для сегнетоэлектриков-релаксоров. У ряда образцов удалось зафиксировать высокие и стабильные по времени пьезоэлектрические отклики. Максимальные значения пьезомодуля, измеренного квазистатическим методом, наблюдались в образце  $0.3\text{BF-}0.5\text{PFN-}0.2\text{PT}$  ( $d_{33} \sim 260$  пКл/Н). Полученные данные целесообразно использовать при разработке новых материалов на основе мультиферроиков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Государственное задание Минобрнауки России научный проект № 0852-2020-0032 (№ БА30110/20-3-07ИФ)).

1. J. Zhai, Z. Xing, S. Dong, J. Li, D. Viehland, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 062510 (2006).
2. W.A.Borders, H. Akima, S. Fukami, S. Moriya, S. Kurihara, Y. Horio, S. Sato, H. Ohno, *Appl. Phys. Exp.* **10**, 013007, (2008).
3. D. Pang, C. He, S. Han, S. Pan, X. Long, H. Taylor, *J. Eur. Ceram. Soc.* **35**, 2033 (2015).
4. N.A. Boldyrev, A.V. Pavlenko, L.A. Shilkina, A.V. Nazarenko, A.A. Bokov, L.A. Reznichenko, A.G. Rudskaya, E.I. Panchenko, *Ceram. Int.* **45**(12), 14768 (2019).